

PEMANFAATAN *SLUDGE* INDUSTRI PULP DAN KERTAS SEBAGAI AMELIORAN TANAH UNTUK MEMACU REHABILITASI LAHAN

Enny Widyati *

*Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, Bogor

Naskah diterima tanggal : 04 Maret 2009

THE USE OF SLUDGE OF PULP AND PAPER MILLS AS A SOIL AMELIORANT TO ENHANCE LAND REHABILITATION

ABSTRACT

In Indonesia, land degradation is spread out more and more due to illegal logging, open pit mining, forest mismanagement and fire. Rehabilitation activities do not give a good results yet. It is predicted caused by severely bad condition both of micro-climates, soil hard to support the growth of seeding. Soil rehabilitation can be realized by soil organic matter (SOM) improvement. Indonesia have millions hectares of degraded land. So, the critical problem is the insufficient SOM supply which depend on compost, manure and ash. This paper will review the utilization of both sludge of pulp and paper mills and its composition to ameliorate soil fertility and to support seedlings growth. The result showed that usage of this matter freshly in dosage 25% (v/v) to ex-coal mining soil were improve C org, N, P and K: 280%, 3,150%, 4,534% and 395%, respectively, 15 days of incubation. It is suggested that sludge of pulp and paper mills can be further developed as a SOM sources to enhance land rehabilitation.

Key words: amelioration, land rehabilitation, sludge, soil organic matter

INTISARI

Peningkatan laju deforestasi di Indonesia disebabkan oleh meningkatnya praktek *illegal logging*, meluasnya kegiatan penambangan terbuka, pengelolaan hutan yang salah urus dan kebakaran. Kegiatan rehabilitasi lahan sampai saat ini belum mampu mengurangi luasan lahan terdegradasi. Hal ini karena kondisi tanah dan iklim mikro lahan yang direhabilitasi tidak mampu mendukung pertumbuhan bibit yang ditanam. Salah satu upaya untuk meningkatkan keberhasilan tersebut adalah penambahan bahan organik tanah (BOT). Sumber-sumber BOT antara lain kompos, kotoran hewan atau abu sisa pembakaran. Namun demikian, luasnya lahan terdegradasi di Indonesia menimbulkan masalah ketersediaan BOT. Salah satu sumber BOT yang potensial adalah *sludge* industri pulp dan kertas. Makalah ini akan mengkaji pemanfaatan *sludge* maupun komposnya untuk memacu rehabilitasi lahan dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian ameliorasi lahan bekas tambang batubara menunjukkan bahwa *sludge* segar mempunyai kandungan N, P dan K yang sangat tinggi sehingga aplikasi bahan ini dengan dosis 25% (v/v) dapat meningkatkan berturut-turut C organik tanah (280%), N tanah (3.150%), P tanah (4.534%) dan K tanah (395%) dalam waktu 15 hari. Dengan demikian *sludge* merupakan sumber BOT yang potensial untuk meningkatkan keberhasilan rehabilitasi lahan.

Kata Kunci: *ameliorasi*, bahan organik tanah, rehabilitasi lahan, *sludge*

PENDAHULUAN

Bagi umat manusia, hutan memegang peranan yang sangat penting, baik secara ekonomi maupun secara ekologi. Secara ekonomi, hutan memenuhi kebutuhan manusia akan kayu, sumber makanan dan obat-obatan bagi masyarakat setempat. Bagi masyarakat yang tinggal jauh dari hutan, mereka dapat memanfaatkan keindahan dan kesejukan hutan melalui kegiatan ekowisata. Sedangkan secara ekologi, hutan memegang peranan penting

sebagai pengatur tata air, pencegah erosi dan banjir, penyerap karbon, pemasok oksigen, pere-dam angin, pengatur suhu dan iklim mikro, dll.

Namun demikian, pertumbuhan populasi penduduk Indonesia yang cukup tinggi diduga ikut memberikan kontribusi negatif terhadap kondisi hutan. Untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut banyak hutan yang berubah menjadi lahan non hutan. Perubahan tersebut diberi istilah deforestasi (ITTO, 2001).

Laju deforestasi di Indonesia dipercepat dengan adanya konversi hutan (menjadi areal perkebunan, pertanian, pemukiman), praktek *illegal logging*, meluasnya kegiatan penambangan terbuka, pengelolaan hutan yang salah urus dan kebakaran (WWF Indonesia, 2008). Banyak kegiatan alih fungsi hutan yang dilakukan tanpa melalui suatu perencanaan yang matang, sehingga banyak lahan yang setelah dialihfungsikan ternyata tidak sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Akibatnya lahan-lahan tersebut ditinggalkan dan menjadi kritis (terdegradasi) sehingga perlu dilakukan rehabilitasi untuk mengembalikan hutan supaya dapat memerankan fungsinya kembali.

Selama hampir lima tahun program rehabilitasi hutan dan lahan (program GNRHL berubah menjadi GERHAN) belum diperoleh hasil yang memuaskan. Hal ini karena kondisi lahan terdegradasi sudah mengalami perubahan yang signifikan sehingga sulit untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Lahan terdegradasi umumnya telah mengalami perubahan iklim mikro (klimatis) akibat perubahan penutupan lahan. Ketika lahan masih berhutan dengan kondisi yang baik, fluktuasi suhu siang dan malam tidak terlalu besar, kelembaban udara sesuai, karena cahaya matahari dapat disaring oleh tajuk.

Kondisi tanah (edafis) pada lahan terdegradasi juga mengalami perubahan yang nyata. ITTO (2001) menggambarkan bahwa pada lahan yang terdegradasi mempunyai tingkat kesuburan yang rendah akibat erosi, struktur tanah jelek (padat, aerasi buruk, air tersedia rendah, *waterlogging*), dan rendahnya populasi mikroba simbiosis akar. Widyati (2006) mengidentifikasi kondisi tanah akibat penambangan terbuka mempunyai pH dan kapasitas tukar kation (KTK) sangat rendah, kandungan unsur hara makro rendah, unsur hara mikro (logam-logam) tinggi, populasi mikroba yang berperan dalam proses pembentukan tanah sangat rendah, air tersedia sangat rendah dan porositas tanah sangat buruk.

Untuk menumbuhkan tanaman revegetasi pada lahan tersebut akan menghadapi banyak hambatan. Optimasi pertumbuhan bibit salah satunya dapat dilakukan melalui ameliorasi tanah, antara lain dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah (BOT). Menurut Stevenson (1994) BOT dapat memperbaiki sifat fisik tanah antara lain sebagai penahan air (*water holding capacity*) dan

menentukan struktur tanah. Secara kimia BOT menentukan KTK tanah, sebagai *buffer* yang dapat memperbaiki pH tanah, mengkelat ion-ion logam serta dimineralisasikan menjadi unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dan mikroba tanah. Secara biologi, kandungan BOT akan mempengaruhi keseimbangan populasi mikroba fungsional yang berperan dalam proses pembentukan tanah dan membantu pertumbuhan tanaman. Karena dalam ekosistem tanah, BOT merupakan sumber makanan dan *shelter* bagi mikroba tanah, seperti bakteri, cendawan maupun fauna tanah.

Sumber-sumber bahan organik yang umum digunakan antara lain kompos, abu bakar dan pupuk kandang. Namun karena lahan terdegradasi sangat luas (menurut data Departemen Kehutanan (2007) luas lahan kritis di Indonesia mencapai 77.806.880 ha, dengan kategori sangat kritis 61%, kritis 30 % dan agak kritis 9%) maka ketersediaan bahan organik menjadi masalah penting. Oleh karena itu, perlu dicari sumber bahan organik yang melimpah dan tersedia berkesinambungan dan dapat memacu pertumbuhan tanaman. Salah satu sumber yang memenuhi kriteria tersebut adalah *sludge* industri kertas.

Sludge industri pulp dan kertas merupakan lumpur yang berasal dari *loss fiber* yang mengendap dalam sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Selama pemrosesan dalam IPAL biologi yang bervolume 79.000 m³ setiap hari selama 15 hari ditambahkan Urea (1,5 ton) dan H₃PO₄ (350 kg) yang ditujukan untuk memasok nutrisi bagi mikroba pendegradasi limbah terutama bahan lignoselulose. Dengan demikian, residu N dan P dalam *sludge* tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketersediaan N dan P tanah pada lahan terdegradasi. Indonesia termasuk 10 besar negara pengekspor *pulp* dan kertas dengan total produksi lebih dari 16 juta ton per tahun. Sehingga, apabila diasumsikan produksi *sludge* 7 – 10% dari total produksi maka kita memiliki cadangan sumber bahan organik tidak kurang dari 1 juta ton per tahun.

Sampai saat ini *sludge* industri pulp dan kertas belum dimanfaatkan secara optimal sehingga menjadi masalah bagi perusahaan karena diperlukan lahan yang luas untuk menampung *sludge* baik dengan cara dipendam (*land fill*) maupun ditumpuk (*opened dumping*). Hal ini selain mengakibatkan luasnya lahan yang digunakan untuk menimbun *sludge*

menjadi tidak produktif, bau yang ditimbulkan karena aktivitas mikroba dalam *sludge* dapat mengganggu kenyamanan. Beberapa perusahaan telah melakukan upaya untuk mengurangi bau melalui proses pengomposan. Namun karena waktu yang diperlukan untuk proses pengomposan kurang lebih tujuh bulan sedangkan *sludge* dihasilkan setiap hari maka upaya tersebut menjadi tidak optimal. Dengan demikian diperlukan upaya pemanfaatan *sludge* yang dapat memberikan nilai *tambah* sekaligus menjadi jalan keluar bagi perusahaan dalam mengelola *sludge*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi *sludge* industri pulp dan kertas untuk memperbaiki kualitas tanah dan pertumbuhan bibit.

METODA PENELITIAN

1. Karakterisasi *Sludge*

Pada penelitian ini akan dianalisis kandungan unsur hara makro dan mikro dan kandungan logam-logam dalam *sludge*. Analisa dilakukan dengan menggunakan metoda standar.

2. Percobaan Ameliorasi Tanah Bekas Tambang Batubara dengan *Sludge* Rumah Kaca

Tanah bekas tambang batubara diambil dari lahan bekas tambang batubara di Sumatera Selatan. Selanjutnya tanah dihaluskan dan disaring dengan ayakan berukuran 25 mesh, untuk memberi permukaan kontak yang luas dengan bahan pembenah tanah. Pada percobaan ini digunakan bahan organik sebagai pembenah tanah, yang terdiri atas *sludge* industri pulp dan kertas 25% (3 bagian tanah dicampur 1 bagian *sludge*) (Widyati, 2006), *top soil* 50% (1 bagian tanah dicampur dengan 1 bagian *top soil*) dan kontrol (tanpa perlakuan). *Top soil* merupakan standar operasional baku (SOP) dalam kegiatan revegetasi lahan bekas tambang di Indonesia. Pada penelitian ini *top soil* diambil dari bawah tegakan *dipterocarpaceae* yang dianggap mewakili kondisi lahan sebelum ditambang di daerah Sumatera Selatan. Sedangkan *sludge* adalah limbah dari pabrik pulp dan kertas yang merupakan *loss fiber* yang terkumpul dalam instalasi pengolahan air limbah.

Setelah semua perlakuan dicampur secara homogen kemudian dari masing-masing perlakuan diambil 10 kg dan ditempatkan pada polibag berukuran 10 liter. Selanjutnya seluruh

perlakuan disiram sampai jenuh dan diinkubasi selama 15 hari (Widyati, 2006). Percobaan dilakukan dalam rancangan acak lengkap dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan dimana masing-masing ulangan terdiri atas 8 unit percobaan. Variabel yang diamati meliputi pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), kandungan SO_4 , kandungan unsur hara makro dan mikro pada hari ke-0 dan ke-15 setelah perlakuan.

3. Percobaan Revegetasi pada Tanah Bekas Tambang Batubara yang Diameliorasi dengan *Sludge*

Percobaan dilakukan di rumah kaca pada media yang telah selesai diinkubasi pada percobaan 2 di atas. Selanjutnya ke dalam media tersebut ditanami dengan bibit *A. crassicaarpa* umur 4 bulan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Bibit jenis ini dipilih karena merupakan salah satu jenis tanaman yang direkomendasikan untuk rehabilitasi lahan (Turnbull *et al.*, 1983 dalam Widyati, 2006) dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi sebagai penghasil kayu pertukangan, kayu pulp dll.

Percobaan dilakukan dengan rancangan faktorial dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan letak blok sebagai dasar pengelompokan (timur, tengah dan barat). Letak tersebut diduga menyebabkan perbedaan cahaya matahari yang diterima oleh bibit. Bibit yang ditanam tersebut dipersiapkan dalam dua perlakuan, yaitu diinokulasi dengan konsorsium mikroba (rhizobium, fungi mikoriza arbuskula/FMA dan bakteri pelarut fosfat/BPP) dan tanpa inokulasi.

Pada percobaan ini terdiri atas 3 perlakuan media tanam (*sludge*, *top soil*, kontrol) x 2 perlakuan bibit (inokulasi dan tidak inokulasi) x 3 kelompok (sebagai ulangan) dengan masing-masing kombinasi perlakuan 4 unit tanaman contoh, sehingga percobaan ini terdiri atas 18 unit percobaan dengan total tanaman 72 unit bibit. Variabel yang diamati meliputi tinggi dan diameter bibit yang diukur setiap bulan selama 3 bulan. Setelah tiga bulan bibit dipanen kemudian diukur biomasa tanaman dan peningkatan serapan hara dalam tanaman pada 90 hari setelah tanam. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan analisis varian menggunakan *software* MINITAB. Apabila berpengaruh nyata akan dilanjutkan dengan uji wilayah berganda dari Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi *Sludge* Industri Kertas

Hasil analisis kimia (Tabel 1) menunjukkan bahwa *sludge* mempunyai pH yang agak masam, mempunyai kandungan C organik sangat tinggi, KTK sangat tinggi, N sedang, P sangat tinggi, dan unsur-unsur mikro termasuk kategori cukup (PPT, 1993). Dari hasil analisis tersebut *sludge* industri kertas dan komposnya mempunyai kandungan kimia yang cukup baik untuk dijadikan sebagai bahan pembenah tanah (Tabel 1).

Hasil analisis kandungan logam (Tabel 2) menunjukkan bahwa logam-logam yang dianalisis dalam *sludge* industri kertas masih di bawah ambang batas yang diatur dalam Keputusan Kepala Bapedal no. 4 tahun 1996. Dari hasil analisis logam-logam tersebut dapat diduga ada atau tidak kemungkinan terjadinya pencemaran logam karena penggunaan *sludge* industri kertas.

Tabel 1. Hasil Analisis Kimia *Sludge*, Tanah Bekas Tambang dan Top Soil.

Variabel (Metode, Satuan)	<i>Sludge</i>	Tanah bekas tambang batubara	<i>Top soil</i>
pH H ₂ O (pH meter)	5,80	3,02	5,8
KTK (penjenuhan dengan NH ₄ OAc, me/100g)	50,82	9,05	18,4
C-Org (Walkey & Black, %)	13,09	1,01	2,61
N-total (Kjedhal, %)	1,90	0,02	1,74
P tersedia (Bray I, ppm)	16,60	2,73	8,11
P total (HCl 25%, ppm)	45,70	6,99	21,42
Ca (penjenuhan dengan NH ₄ OAc, me/100g)	50,56	4,49	5,22
Mg (penjenuhan dengan NH ₄ OAc, me/100g)	9,76	2,53	1,88
Na (penjenuhan dengan NH ₄ OAc, me/100g)	20,61	0,29	6,22
K (penjenuhan dengan NH ₄ OAc, me/100g)	4,59	0,15	2,11
Fe (AAS, ppm)	4,04	314,98	7,22
Mn (AAS, ppm)	23,44	152,95	16,21

2. Perubahan Sifat-Sifat Tanah Bekas Tambang Batubara Setelah Diameliorasi dengan *Sludge* Industri Kertas di Rumah Kaca

Ameliorasi dengan *sludge* industri kertas dengan dosis 25% dapat meningkatkan pH tanah bekas tambang batubara menjadi 6,41 setelah diinkubasi 15 hari (Tabel 4). Ameliorasi dengan *top soil* juga dapat meningkatkan pH tanah secara signifikan apabila dibandingkan dengan kontrol menjadi 4,81 (Tabel 3). Peningkatan pH ini berhubungan dengan peningkatan bahan organik tanah. Pada penelitian ini, perlakuan *sludge* dapat meningkatkan C organik dalam tanah sebesar 280% (Tabel 4). Dalam tanah bahan organik berperan sebagai *buffer* (Stevenson, 1994) sehingga akan meningkatkan pH tanah ketika pH tanah rendah.

Pada penelitian ini, perlakuan ameliorasi dengan *sludge* maupun *top soil* dapat meningkatkan KTK tanah (Tabel 3) dari 6,51 me/100 g tanah pada perlakuan kontrol yang tergolong rendah (PPT, 1983) menjadi 21,25 me/100 g tanah (setara 226%) yang tergolong sedang, pada perlakuan *top soil* dan menjadi 22,57 me/100 g tanah (setara 247%) yang juga tergolong sedang pada perlakuan *sludge*. KTK tanah adalah kemampuan tanah untuk memegang unsur hara (*nutrient holding capacity*), sehingga meningkatnya KTK tanah akan menurunkan jumlah unsur hara yang hilang karena tercuci.

Setelah 15 hari inkubasi perlakuan *sludge* dapat meningkatkan N sebesar 3.150%, meningkatkan P sebesar 4.533% dan K sebesar 395% dibanding kontrol. Peningkatan N dan P ini diduga akibat residu pupuk yang ditambahkan selama pemrosesan *sludge* di IPAL, seperti telah dijelaskan di atas. Bagaimana *sludge* industri kertas dapat meningkatkan K masih diperlukan kajian lebih lanjut. Sedangkan perlakuan *top soil* meningkatkan ketersediaan N sebesar 800% yang dan meningkatkan P sebesar 200% dibanding kontrol. Peningkatan N dan P pada perlakuan *top soil* ini diduga berasal dari proses mineralisasi tanah *top soil* tersebut. Penggunaan *top soil* pada penelitian ini ternyata dapat menurunkan K tanah. Bagaimana mekanisme kejadian ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Penelitian pemanfaatan *sludge* industri kertas yang dilakukan oleh Cooperband (2000) pada perkebunan tanaman kentang ternyata memberikan hasil yang sejalan dengan penelitian ini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *sludge* industri kertas atau komposnya dapat meningkatkan pH, KTK, dan dapat menurunkan penggunaan pupuk N sampai 50%.

Ameliorasi tanah dapat menurunkan ketersediaan logam-logam dalam tanah bekas tambang batubara. Perlakuan yang paling baik adalah ameliorasi dengan menggunakan *sludge* (Gambar 1). Penurunan ini terjadi karena meningkatnya bahan organik (Tabel 4). Ameliorasi tanah dengan bahan organik

memberikan pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap ketersediaan logam dalam tanah. Proses tidak langsung adalah bahan organik meningkatkan pH tanah, meningkatnya pH tanah akan berpengaruh terhadap menurunnya kelarutan dan ketersediaan unsur hara mikro (Tan, 1993). Proses secara langsung adalah bahan organik membentuk kompleks atau kelasi. Pembentukan kompleks adalah reaksi antara suatu ion logam dengan ligan melalui pembagian pasangan elektron (Tan, 1993). Ion logam merupakan pasangan penerima elektron sedangkan ligan (bahan organik) merupakan donor elektron

Tabel 2. Hasil Analisis Kandungan Logam-Logam Berat dalam *Sludge*

Variabel	Hasil Uji	Kadar maksimum Kep. Ka Bapedal No. KEP- 04/Bapedal/09/1996	
		Kolom A	Kolom B
Kadmium (Cd)	<0,05	50	5
Krom (Cr)	85,85 ± 4,73	2500	250
Tembaga (Cu)	14,75 ± 0,21	1000	100
Kobal (Co)	<0,05	500	50
Timbal (Pb)	<0,05	3000	300
Merkuri (Hg)	<0,1	20	2
Nikel (Ni)	26,96 ± 0,58	1000	100
Seng (Zn)	94,99 ± 1,07	5000	500
Fluorida (F)	<0,05	4500	450
Sianida (CN)	<0,05	500	50

Tabel 3. Perubahan pH, KTK dan Ketersediaan Sulfat Tanah Bekas Tambang Batubara 15 Hari setelah Inkubasi

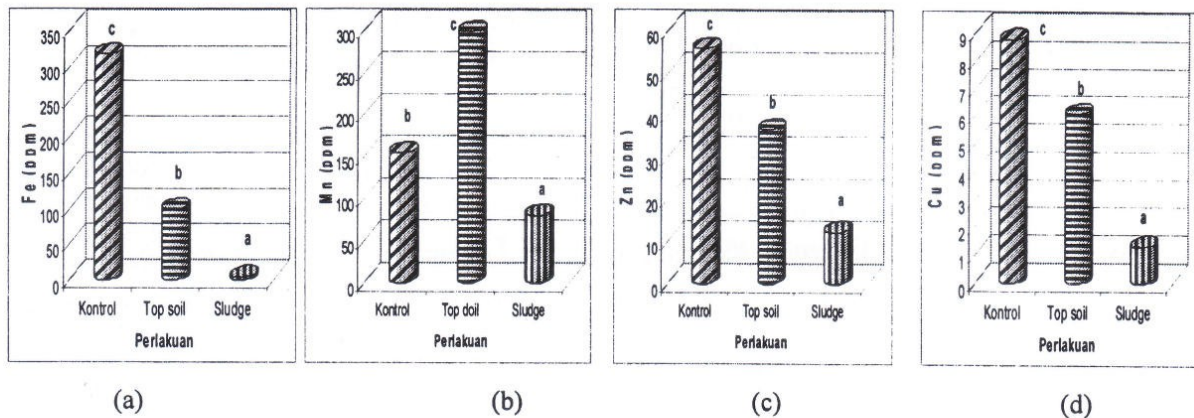
Perlakuan	KTK (me/100g tanah)		pH (H ₂ O 1: 5)		[SO ₄] (%)	
Kontrol	6,51	c	2,99	c	3,20	c
Top soil	21,25	b	4,82	b	1,55	b
Sludge	22,57	a	6,41	a	0,43	a

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf α 5% berdasarkan uji Duncan

Tabel 4. Ketersediaan Unsur Hara Makro Tanah Bekas Tambang Batubara 15 Hari setelah Inkubasi

Perlakuan	C org	N	P (ppm)	K	Ca
	%				
Kontrol	1,32 a	0,02 a	3,22 a	2,21 ab	11,43 bc
Top soil	1,21 a	0,16 b	6,80 b	1,80 a	5,63 a
Sludge	3,70 b	0,63 c	145,99 c	8,72 c	15,05 c

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf α 5% berdasarkan uji Duncan



Gambar 1. Ketersediaan Fe (a), Mn (b), Zn (c) dan Cu (d) Tanah 15 Hari setelah Inkubasi

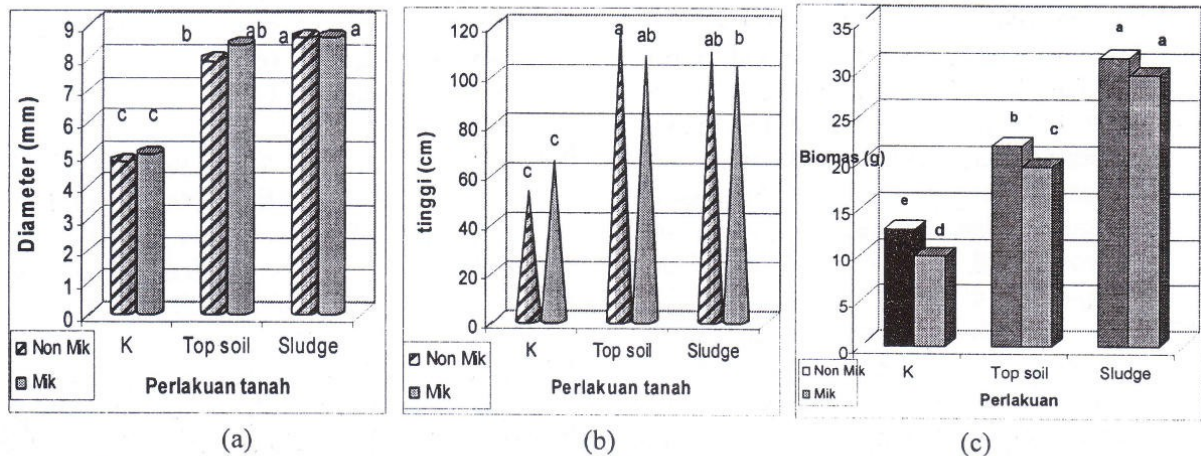
3. Pertumbuhan Bibit 90 Hari setelah Tanam (HST) yang Ditanam pada Tanah Bekas Tambang Batubara setelah Diameliorasi dengan Sludge Industri Kertas

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa peletakan pot dalam rumah kaca memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini diduga karena berhubungan dengan perbedaan intensitas dan jumlah cahaya matahari yang diterima oleh bibit. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa perlakuan ameliorasi tanah memberikan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan inokulasi bibit dengan mikroba tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Ameliorasi tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan bibit *A. crassicaarpa* 90 HST dibandingkan dengan kontrol. Pada penelitian ini perlakuan *sludge* dan *top soil* tidak menunjukkan perbedaan yang nyata baik untuk variabel tinggi maupun diameter, tetapi berbeda nyata untuk variabel

biomass (Gambar 2). Hal ini karena perlakuan *sludge* mampu memasok unsur hara (Tabel 5), dapat meningkatkan pH dan KTK (Tabel 3) serta menurunkan logam Fe, Mn, Zn dan Cu (Gambar 1) dalam tanah bekas tambang batubara dan meningkatkan serapan unsur hara oleh tanaman (Tabel 5) secara berbeda nyata dibanding perlakuan lain. Sedangkan perlakuan inokulasi dengan konsorsium mikroba tidak menunjukkan perbedaan yang nyata untuk ketiga variabel pertumbuhan yang diukur (Gambar 2) dan serapan unsur hara oleh tanaman (Tabel 5).

Penelitian sejenis mengenai pemanfaatan kompos *sludge* industri kertas telah dilakukan oleh Wan Rasyidah *et al.* (2007) sebagai campuran media pembibitan Jati (*Tectona grandis*) dan Mahoni Afrika (*Khaya senegalensis*) di persemaian. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kompos *sludge* industri kertas dapat meningkatkan pertumbuhan dan *survival rate* (% hidup) tanaman mencapai 100%.



Gambar 2. Diameter (a), Tinggi (b) dan Biomass (c) Bibit 90 Hari setelah Tanam

Tabel 5. Persentase Peningkatan Serapan Unsur Hara oleh Tanaman (%)

Perlakuan tanah	N		P		K	
	Non Mik	Mik	Non Mik	Mik	Non Mik	Mik
Sludge	238	188	426	398	166	96
Top soil	86	44	162	82	28	16
Kontrol	0	-32	0	-48	0	-28

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa inokulasi bibit cenderung menurunkan serapan N, P dan K oleh tanaman pada umur 90 HST yang ditanam pada tanah yang diberi perlakuan *sludge*, *top soil* maupun kontrol (Tabel 6). Hal ini diduga karena mikroba yang diinokulasikan tidak bekerja membantu tanaman tetapi cenderung menjadi parasit. Menurut Bolton *et al.* (1992) dalam Widyati (2006), inokulasi mikrob ke dalam rhizosfir akan memberikan berbagai macam efek baik terhadap mikrob lain maupun terhadap tanaman inangnya. Efek tersebut adalah positif (mutualisme, komensa-lisme), negatif (kompetisi, parasitisme) dan netral. Namun demikian, pada penelitian ini mengapa inokulasi mikroba bahkan menjadi beban bagi tanaman perlu penelitian dan kajian lebih lanjut.

KESIMPULAN

Sludge industri kertas dapat digunakan sebagai bahan amelioran tanah karena mempunyai kandungan unsur hara yang cukup baik. Aplikasi bahan ini dengan dosis 25% dapat meningkatkan ketersediaan N sebesar

3.150%, P sebesar 4.533% dan K sebesar 395%. Aplikasi *sludge* dapat meningkatkan kandungan C organik tanah sebesar 280% sehingga dapat meningkatkan pH dari 2,99 (sangat masam) menjadi 6,41 (mendekati netral) dan KTK tanah dari 6,51 me/100 g tanah (sangat rendah) menjadi 22,57 me/100 g tanah (sedang) dalam waktu 15 hari setelah inkubasi. Perbaikan kondisi tanah tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan bibit *Acacia crassicarpa*.

DAFTAR PUSTAKA

- Cooperband, L. 2000. Papaer Mills Sludge and Compost Effect on Soil Properties and Potato Production. Tersedia di www.wastenot-organics.wisc.edu/research_extension/potato/potatofull.htm
- Departemen Kehutanan. 2007. Statistik Kehutanan 2007. Departemen Kehutanan. Jakarta.

- ITTO. 2001. ITTO guidelines for restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forest. ITTO Policy Development Series No. 13.
- Jackson, M. J., M.A. Line, S. Wilson dan S.J. Hetherington. 2000. Application of composted pulp and paper mill sludge to a young pine plantation. *Journal of environmental quality*. vol. 29, no. 2, pp. 407-414
- Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. KEP-04/Bapedal/09/1996 tentang batas maksimum kandungan logam dalam limbah.
- PPT (Pusat Penelitian Tanah). 1983. Interpretasi data kesuburan dan penyusunan rekomendasi. Pusat Penelitian Tanah Departemen Pertanian (Tidak diterbitkan).
- Raharjo, P.N. 2006. Instalasi pengolahan air minum sistem reverse osmosis. www.ia-itb.com/index.php?option=com_content&task=view&id=93&Itemid=80 [8 Juni 2006]
- Ripley, E.A., R.E. Redmann dan A.A. Crowder. 1996. *Environmental Effects of Mining*. St. Lucia Press. Ontario.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction*. John Wiley&son. New York.
- Tan, K.H. 1993. *Principles of Soil Chemistry* (2nd Ed). Marcel Dekker Inc. New York.
- Widyati, E. 2006. *Bioremediasi Tanah Bekas Tambang Batubara dengan Sludge Industri Kertas Untuk Memacu Revegetasi Lahan*. Disertasi. Program Pendidikan Doktor. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- WWF Indonesia, 2008. *Deforestasi di Indonesia*. www.wwf.or.id/index.php?fuseaction=newsroom.detail&id=NWS1177946627&language=i
-